

Juha Aho

LEIKKUUPUIMURIN VANTEIDEN GEOMETRIAN TARKASTELU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

2011

LEIKKUUPUIMURIN VANTEIDEN GEOMETRIAN TARKASTELU

Aho, Juha

Satakunnan ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2011

Ohjaaja: Yliopettaja, TkT, Kivinen, Juha-Matti

Sivumäärä: 49

Liitteitä: -

Asiasanat: leikkuupuimurit, toleranssit, mittaaminen, solidworks, mittalaitteet

Opinnäytetyön aiheena oli leikkuupuimurin vanteiden geometrian tarkastelu. Työn toimeksiantajana oli Sampo-Rosenlew Oy. Työn tavoitteena oli saada selville onko uuden mahdollisen toimittajan vanteet tarpeeksi hyviä, että Sampo-Rosenlew Oy voisi vaihtaa vannetoimittajaa.

Mitattavat vanteet tulevat Sampo-Rosenlew Oy:n valmistamiin puimureihin. Puimureita on saatavilla erikokoisia ja eri vaatimusasteille, joten vanteitakin on montaa eri kokoa ja muotoa. Vanteet ovat tärkeä osa puimurin toimivuutta, siten oli tärkeää mitata ja varmistaa uuden vannetoimittajan pätevyys vanteiden valmistuksessa. Tässä työssä mitattiin Sampo-Rosenlew Oy:lle myynnin kannalta tärkeimpien vannekokojen, geometrysten toleranssien heitot ja tärkeiden mittojen tarkkuus. Mittauksista tehtiin vertailu nykyisen ja mahdollisen uuden vannetoimittajan välillä.

Mittaaminen suoritettiin FARO Arm -koordinaattimittalaitteella ja mittaustuloksia tutkittiin käyttäen FARO:n omaa FARO CAM2 measures -mittausohjelmaa ja Solid Works -3D-cad-suunnitteluohjelmaa. Lopputuloksiksi saatiin mittauspöytäkirja jokaisesta vanneparista ja yhteenveto kaikista mittaustuloksista.

GEOMETRY EXAMINATION OF COMBINE HARVESTER'S RIMS

Aho, Juha

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

May 2011

Supervisor: Kivinen, Juha-Matti

Number of pages: 49

Appendices: -

Keywords: combineharvester, tolerance, measuring, solidworks, measuringdevice

The purpose of this thesis was to study geometry of combine harvester rims. Thesis was commissioned by Sampo-Rosenlew Ltd. The goal was to determine whether a potential new supplier of rims are good enough or not so that Sampo-Rosenlew could change the rim supplier.

Measured rims are coming to combine harvesters which are manufactured by Sampo-Rosenlew Ltd. Combine harvesters are available in different sizes and for different requirements, so the sizes and shapes of the rims have large variation. Rims are an important part of the combine harvester's functionality, so it was important to measure them and to ensure new rim supplier validity's manufacturing rims. In this thesis, were measured exception in geometry tolerances and accuracy of critical dimensions of best-selling rim sizes. Of the measurements were made comparison between existing and potential new supplier.

Measurements were carried out with FARO Arm coordinate measuring device and measurement results were analyzed using FARO's own FARO CAM2 Measures - and Solid Works 3D CAD-software. The end results were a measurement protocol from every rim pairs and a summary of all measurement results.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Työn taustat.....	5
1.2	Tavoitteet	5
2	SAMPO-ROSENLEW	6
3	MITTAAMINEN	7
3.1	Mittaaminen yleisesti	7
3.1.1	Mittalajit.....	8
3.1.2	Mittayksiköt	9
3.2	Mittausvirheet	10
4	TOLERANSSIT	12
4.1	Toleranssit yleisesti.....	12
4.1.1	Peruskäsitteitä ja määritelmiä toleranssien merkinnöistä.....	14
4.2	Geometriset toleranssit	15
4.2.1	Yleistä geometrisista toleransseista.....	15
4.2.2	Toleroitavat ominaisuudet.....	15
4.2.3	Peruskäsitteitä ja määritelmiä.....	17
4.2.4	Peruselementit	18
4.2.5	Geometristen toleranssien esittäminen.....	19
5	MITATTAVAT KAPPALEET	22
5.1	Yleistä	22
5.2	Valmistus	23
6	MITTAAMISEN SUORITTAMINEN	24
6.1	Yleistä koordinaatiomittaamisesta.....	24
6.2	Mittalaite	25
6.2.1	FARO Arm Portable Coordinate Measuring machine (CMM).....	25
6.2.2	Mittausohjelmat.....	28
6.3	Mittaaminen	29
7	TULOKSET	33
8	JOHTOPÄÄTÖSET	47
	LÄHTEET	49

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat

Tämän työn tarkoituksena oli tarkastella, Sampo-Rosenlew Oy:lle mahdollisen uuden vannetoimittajan, leikkuupuimurin vanteiden geometrioita ja vertailla niitä vanteiden piirustuksiin, kuin myös nykyisen toimittajan vastaaviin vanteisiin.

Työ alkoi suhteellisen pitkällä harjoittelulla, mittaamisen tutkimisella sekä mittalaitteistoon ja mittausohjelmiin perehtymisellä. Työ suoritettiin Satakunnan ammatti-korkeakoulun tiloissa, koulun omistamalla FARO Arm koordinaattimittalaitteella. Mittaamiset tehtiin osaksi FARO:n omalla mittausohjelmalla ja osaksi Solid Works 3D-CAD-suunnitteluohjelmalla.

Työssä oli alunperin tarkoitus mitata ja vertailla sekä kymmentä uuden toimittajan, että kymmentä nykyisen toimittajan vannetta. Näin työ olisi pitkittynyt, joten rajasimme työn viiteen uuden ja viiteen nykyisen toimittajan vanteeseen, joista saa jo tarpeeksi hyvän hajonnan mittauksista ja on mahdollista tehdä tarvittavat johtopäätökset mittauksista.

Sampo-Rosenlew Oy tilasi tämän työn koska heillä itsellään ei ollut tarvittavia mittalaitteita, joilla voisi mitata näinkin isoja vanteita mitä puimureissa käytetään.

1.2 Tavoitteet

Työn tavoitteena oli saada selville ovatko uuden mahdollisen toimittajan vanteet tarpeeksi hyviä, että Sampo-Rosenlew Oy voisi vaihtaa vannetoimittajaa. Selville otettiin ovatko vanteet tarpeeksi laadukkaita mitoituksen tarkkuuden osalta, kuin myös heitot osien välillä.

2 SAMPO-ROSENLEW

Sampo-Rosenlew Oy on hallituksen puheenjohtaja Timo Prihtin omistama keskisuuri teollisuusyritys. Yrityksen päätuote on leikkuupuimuri. Puimureita valmistetaan kahden tuotesarjaan: Sampo-Rosenlew 2000 -sarjaan sekä suurtehopuimurimallistoa, Sampo-Rosenlew 3000 -sarjaan. /1/



Kuva 1. Sampo-Rosenlew Oy:n tuotantotilat Porissa.

Sampo-Rosenlew Oy perustettiin vuonna 1991 yritysoston myötä Timo Prihtin ostettua liiketoiminnan. Teollinen toiminta tuotantotiloissa on alkanut vuonna 1853, jolloin Oy W Rosenlew Ab perheyritys aloitti toimintansa. Leikkuupuimurivalmistus Porin tehtaalla alkoi vuonna 1957. /1/

Sampo-Rosenlew Oy yritystoimintaan kuuluu myös konepajatuotanto ulkopuolisille yrityksille alihankintana, teollisuuspesukonesuunnittelu ja -tuotanto, kuin myös 90-luvun aikana pitkän tuotekehitystyön seurauksena syntynyt uusi tuoteryhmä, metsäkoneet. /2/

Konsernin kotipaikka on Porissa, jossa sijaitsee sen suurin tuotantoyksikkö. Porissa valmistetaan leikkuupuimureita, metsäharvestereita sekä teollisuuspesukoneita. Lisäksi yritys suorittaa metalliteollisuuden alihankintatöitä. Konserniin kuuluvat lisäksi Jyväskylässä toimiva Sampo Hydraulics Oy. Se valmistaa maailmanlaajuiseen myyntiin hydraulikkamoottoreita sekä rotaattoreita. Sampo-Rosenlew Oy on osakkaana vuonna 2005 perustetussa Sampo Components Oy:ssä, joka valmistaa metallirakentei-

ta sekä komponentteja metalliteollisuudelle. Sampo Componentsin toimipaikka ja tuotanto ovat Nakkilassa, Satakunnassa. /1/



Kuva 2. Sampo-Rosenlew 2000-sarjan puimuri.

3 MITTAAMINEN

3.1 Mittaaminen yleisesti

Usein ajatellaan väärin, että mittaaminen on nopeaa ja helppoa. Näin voi ollakin jos mittaustyö on rutiinia, hyvin valmisteltua ja ohjelmat helppokäyttöisiä. Mutta useimmiten varsinaista mittausta edeltää, sekä seuraa monenlaisia toimenpiteitä ns. sivuaikoja, joihin hukkuu helposti pääaikaan verrattuna monenkertaisesti aikaa. /3/

Itselläni kului aikaa, esim. siihen että sain mittalaitteen hyvin kiinni. Ettei tulisi mitahteitoja sen takia, että mittalaitteella olisi puutteellinen kiinnitys. Myös mitattavien kappaleiden paikoitus aiheutti myös paljon päänvaivaa. Tässä tapauksessa myös mitausohjelma oli vaikeakäyttöinen.

Mittaaminen ei tunnetusti paranna laatua, vaan tuottaa validia, oikeaa ja luotettavaa tietoa hyödynnettäväksi. /3/

Esineen muoto ja koko määritetään koneenpiirustuksissa projektion tai useampien projektioiden sekä mittalukujen ja tunnusten avulla. Projektit ovat apuna kappaleen mitoituksessa. Piirustusta tulkitaan siis sen muotojen ja mittalukujen avulla. /4/

Mittauksen perustavoitteena on varmistaa, että mittauksen kohde, olipa se raaka-aine, puolivalmiste, komponentti tai lopputuote, täyttää ne vaatimukset, jotka kohteen tuottaneen prosessin asiakas on asettanut. /5/

Mitat on annettava siten, että osan tai laitteen toiminnan, valmistuksen ja tarkastuksen asettamat vaatimukset tulevat otetuksi huomioon. Mitoitus ei ole yksinomaan kappaleen geometrisen muodon määrittämistä, vaan sen tulee palvella monia tarkoituksia, varsinkin valmistusta ja tarkistamista. Mitoituksen tulee vastata käytettävää työtapaa, sillä on voitava osoittaa tai määrätä kappaleen kiinnityskohdat, jakotasot ja mitoituslähtökohdat, mitoituksen tarkoituksen mukaisella ryhmittelyllä voidaan helpottaa piirustuksen luettavuutta. /4/

3.1.1 Mittalajit

Piirustuksen mitat eivät ole merkitykseltään keskenään samanarvoisia. Jotkut mitat ovat koneen toiminnan ja/tai asennuksen kannalta ratkaisevan tärkeitä. Niiden sallitut mittapoikkeamat saattavat olla vain muutaman sadasosamillimetrin verran, kun taas joihinkin mittoihin voidaan sallia jopa useiden millimetrien mittapoikkeamat ilman, että tällainen vaikuttaa haitallisesti koneen toimintaominaisuuksiin ja asennusmahdollisuuksiin. Mitat luokitellaan seuraavasti:

- Toimintamitta: Mitta, joka on oleellinen kappaleen toiminnan tai tilan kannalta. Toimintamitoille annetaan lähes aina toleranssi eli sallittu mitavaihtelu.
- Ei-toimintamitta: Mitta, joka ei ole tärkeä kappaleen toiminnan tai tilan kannalta.
- Apumitta: Mitta, joka on tarkoitettu vain informaation antamiseksi. Tämä mitta ei ohjaa tuotanto- tai tarkastusmittoja ja johtuu muista mitoista, jotka on esitetty piirustuksessa tai piirustukseen liittyvissä asiakirjoissa. Apumitta annetaan sulkeissa tai tähtimerkintänä mitan perässä, eikä siihen sovelleta toleranssia.

- Elementti: Kappaleen yksittäinen ominaisuus, kuten esimerkiksi tasopinta, lieriöpinta, kaksi yhdensuuntaista pintaa, olake, kierre, ura, profiili, jne.

/4/

Tässä työssä keskityttiin vain toiminnallisuuden kannalta tärkeisiin mittoihin (esim. pulttireikien halkaisija), joten työssä ei mitattu ei-toimintamittoja eikä apumittoja (esim. vanteen halkaisijaa, koska se määrittyy geometristen toleranssien mukaan), vaan pelkästään toimintamittoja. Olisi ollut turhaa mitata kaikki mitat vanteista, koska toimintamittojenkin heitto sai olla suhteellisen suurta. Toimintamittojen heittojen suurus johtuu siitä, että puimurit, joihin vanteita käytetään, toimivat epätasaisella pinnalla. Mitat pitivät olla silti piirustusten mukaisessa toleranssissa (kts. luku 4), jotta puimureiden toiminta ei häiriinny.

Jos elementille tai elementtiryhmällä on annettu sijainnin, suunnan, muodon tai pinnan muodon toleranssi, niin sijainnin, suunnan, muodon tai pinnan määritteleviä teoreettisesti oikeita perusmittoja kutsutaan teoreettisesti oikeiksi mittoiksi. /10/

Teoreettisesti oikeat koskevat myös mittoja, jotka määrittelevät peruselementtijärjestelmän suhteellisen suunnan. Teoreettisesti oikeita mittoja ei toleroida. Ne on kehystettävä. /10/

3.1.2 Mittayksiköt

Jokaisessa yksittäisessä piirustuksessa on käytettävä kaikille mitoille samaa mittayksikköä (esim. mm), ilman että yksikön tunnusta merkitään näkyviin. Pituus mitat ilmoitetaan yleensä millimetreinä. Jos tästä poiketaan, mittayksiköt on merkittävä piirustukseen, esim. μm , cm, in, m. /4/

Kyseisen työn piirustuksissa mittayksiköt olivat aina millimetreinä, ilman poikkeuksia.

3.2 Mittausvirheet

Taulukko 1. Koskettavan koordinaatiomittauksen epävarmuustekijät ja niiden prosentuaaliset osuudet (yleinen arvio). /3/

Tekijä	Käyttäjä	Kone	Ympäristö	Työkappale
Prosentuaalinen osuus	30-50	5-20	5-20	10-30

Mitään mittausta ei voida tehdä täysin virheettömästi. Tulos on aina virheellinen, sillä mittaukseen osallistuvat tekijät eivät ole täydellisiä. Näitä tekijöitä ovat mittauksen kohde, perusmitat, mittalaite, mittaustapa, ulkonaiset olosuhteet, mittaaja sekä muutokset, joita kaikissa näissä virhelähteissä tapahtuu mittauksen aikana. /5/

Mittausvirheet voidaan jakaa seuraaviin yleistyyppeihin:

- Systemaattiset virheet, ne esiintyvät toistuvissa mittauksissa säännönmukaisesti suuruudeltaan ja suunnaltaan samanlaisina. Ne voi paljastaa ainoastaan mittausmenetelmän tai – välineen muuttaminen, ei mittauksen uudistaminen.
- Satunnaiset virheet, joiden suuruus ja etumerkki vaihtelevat. Niiden vaikutus voidaan vähentää suorittamalla mittaus useampia kertoja ja laske-
malla mittausarvojen keskiarvo.
- Karkeat virheet, ne muodostuvat erilaisista erehdyksistä johtuvan virhe-
ryhmän esim. lukemavirhe, ajatusvirhe, väärän mittausmenetelmän käyt-
tö, virhelähteiden huomiotta jättäminen. Niiden suuruusluokka voi olla
moninkertainen edellisiin virhetyyppeihin verrattuna. Karkeiden virhei-
den syntyminen pitäisi voida poistaa riittävän huolellisella työskentelyllä.

/6/

Kohteen liikkuminen on estettävä mittauksien ajaksi, sillä mitattavan kohteen liik-
kuminen aiheuttaa mittausvirheen.

Tunnetuimpia mitattavista kappaleista johtuvia mittavaihteluita ovat lämpötilamuutoksista aiheutuvat mitan- ja muodonmuutokset. Vaihtelua aiheuttavat lisäksi kappaleen pinnan laatu, karheus ja aaltomaisuus sekä puutteellinen puhdistus. Lika ja pöly mitattavalla pinnalla muuttavat suoraan saadun tuloksen arvoa. /5/

Mittalaitteen tarkkuuden kannalta on oleellista säännöllinen kalibrointi. Mittalaitteen eri osien väliset lämpötilaerot voivat aiheuttaa vaihtelua mittaustulokseen. Mittausvoiman vaihtelu saattaa aiheuttaa mittalaitteessa tai mitattavassa kappaleessa taipumia. /5/

Avainasemassa mittausten tarkkuuteen ja luotettavuuteen nähden on mittaaja itse, sillä hänen ajattelukykynsä ovat mittauksen tärkein väline. Mittaaja ratkaisee käyttämänsä mittaustavan ja valitsee mittausvälineet käytettävissä olevien mahdollisuuksien ja omien taitojensa mukaan. Nimenomaan tietojen puutteet koituvat usein myös mittausten puutteellisuudeksi. Mittaajasta aiheutuvat virheet voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- ammattitaito
- pysyvät ja muuttuvat ominaisuudet
- näkökyky
- parallaksipoikkeama

/5/

Parallaksipoikkeama on virhe, joka syntyy, kun mittalaitetta katsotaan vinoon tarkastelun kohteen pinnalla, jolloin katselukulma aiheuttaa virheen mittaustuloksessa. Kyseistä virhettä ei synny jos käytetään digitaalista mittalaitetta ja silloin siirrytään mittaamisessa suurempiin tarkkuuksiin. /12/

Työ aloittaessa en ollut paljoa käyttänyt ko. mittalaitetta, saati mittaamista harrastanut yleensäkin, mutta pitkän harjoitusjakson ja teoreettisen tutkimisen mittaamisesta suorittaneena, aloitin lopullisten mittauksien teon, niin huomasin kyllä mittaamistaitojeni karttuvan suhteellisen nopeasti.

4 TOLERANSSIT

4.1 Toleranssit yleisesti

Toleranssit ovat rajoja, joiden välillä tietty suure tai ominaisuus saa vaihdella sen silti vielä ollessa käyttökelpoinen. /5/

Näitä ovat mitan, muodon, suunnan ja/tai sijainnin sallittu vaihtelu. Nämä tarkkuuden osatekijät vaikuttavat merkittävästi toisiinsa. /4/

Valmistuksessa työkappaleiden mittoja ei koskaan pystytä saamaan tarkalleen oikeiksi. Kuitenkin koneissa ja laitteissa olevien ”naapuriosien” yhteen liittyvien mittojen tulee olla riittävän ”oikeita”, jotta ne täyttäisivät osilta vaadittavat kolme päävaatimusta:

- osien tulee toimia tarkoitetulla tavalla
- osien tulee sopia siten yhteen, että kone voidaan kokoonpanna
- myöhempää huoltoa yms. varten osien tulee olla vaihtokelpoisia

/4/

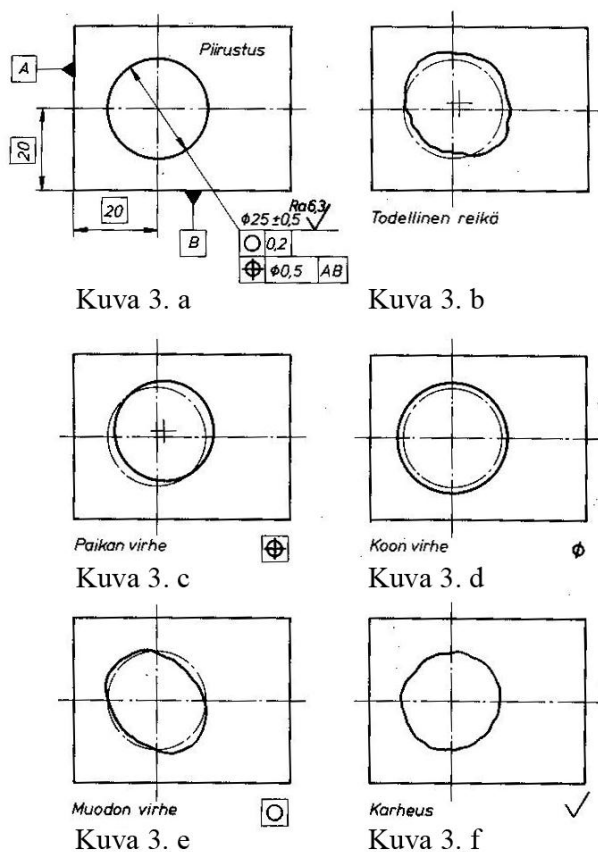
Nämä vaatimukset täytetään kappaleiden mittojen osalta käyttämällä mitoissa sallittua mittavaihtelua eli toleranssia. /4/

Saavutettu valmistustarkkuus riippuu useista osatekijöistä. Esim. tarkasti valmistettu reiän valmistustarkkuus on riippuvainen (Kuvat 3. a... 3. f):

- mittatarkkuudesta; eli halkaisijan poikkeamista piirustuksessa annetusta perusmitasta.
- muototarkkuudesta; reikä ei ole aivan pyöreä, vaan se saattaa olla muodoltaan esim. soikea, kartiomainen jne.
- sijainti tarkkuudesta; reiän keskipiste ei ole aivan piirustuksen mittojen määrittelemässä paikassa
- suunnan tarkkuudesta; reiän todellinen akselin suunta poikkeaa piirustuksessa annetusta akselin suunnasta

- pinnankarheudesta; vaikkakin toleranssin ja pinnan karheuden välillä ei ole selvää matemaattista riippuvuutta, on niillä kuitenkin keskenään tietty yhteys; esim. tarkasti mittatoleroitu pinta ei saa olla miten karkea tahansa. Yleensä mittatoleranssien suhteen tarkka valmistusmenetelmä tuottaa myös pienen karheuden omaavan pinnan.

/4/



Kuva 3. Reiän virheellisyyden jaottelu.

Yllä esitetyt tekijät on otettava huomioon sekä kappaleiden suunnittelussa että valmistuksessa. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että valmistuksessa ei vaaditakaan noudattamaan ehdottomia mittoja, vaan piirustuksessa määritetään se alue, jonka sisäpuolella kappaleen pinnan tai muun kohdan on oltava valmistuksen jälkeen. /4/

4.1.1 Peruskäsitteitä ja määritelmiä toleranssien merkinnöistä /4/

Mitta: Luku, joka ilmaisee pituusmitan tiettyinä yksikkönä.

Perusmitta, nimellismitta: Mitta, josta rajamitat lasketaan käyttäessä ylä- ja alaeromittoja. (kuva 4.)

Rajamitat: Suurin ja pienin sallittu mitta.

Ylärajamitta: Suurin sallittu mitta. (kuva 4.)

Alarajamitta: Pienin sallittu mitta. (kuva 4.)

Nollaviiva: Toleranssien graafisessa esityksessä suora viiva, joka kuvaa sitä perusmittaa, johon eromitat ja toleranssi liittyvät. Nollaviiva piirretään vaakasuoraan ja positiiviset eromitat esitetään sen yläpuolella ja negatiiviset sen alapuolella. (kuva 4.)

Eromitta: Tietyn mitan ja vastaavan perusmitan algebrallinen erotus. (kuva 4.)

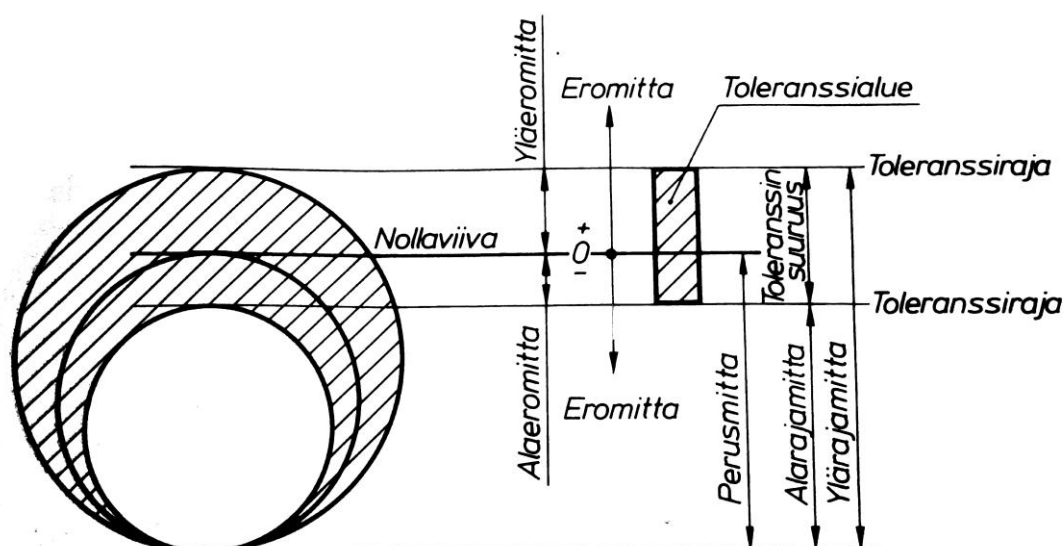
Rajaeromitat: Ylä- ja alaeromitta

Yläeromitta: Ylärajamitan ja vastaavan perusmitan algebrallinen erotus. (kuva 4.)

Alaeromitta: Alarajamitan ja vastaavan perusmitan algebrallinen erotus (kuva 4.)

Mittatoleranssi: Ylärajamitan ja alarajamitan erotus, so. yläeromitan ja alaeromitan erotus.

Toleranssialue: Toleranssien graafisessa esityksessä ylä- ja alarajamittaa kuvaavien viivojen välinen alue. (kuva 4.)



Kuva 4. Toleranssikäsitteitä havainnollistava kuva.

4.2 Geometriset toleranssit

4.2.1 Yleistä geometrisista toleransseista

Geometrisilla toleransseilla määritellään ne rajat, joiden sisällä muodon, suunnan ja sijainnin poikkeamien sekä heiton tulee olla. /4/

Geometristen toleranssien käyttö lisääntyi Suomessa vasta koordinaattimittalaitteiden yleistymisen myötä. /5/

Toleroidulla elementillä saa olla mikä muoto tai sijainti tahansa kulloinkin annetun toleranssialueen sisällä, ellei piirustukseen ole merkitty muita rajoittavia tietoja. /8/

Kappaleen mittojen perusmitasta poikkeamiset ilmoitetaan tavallisesti mittatoleransseilla. Jos on annettu vain mittatoleranssi, saavat kappaleen todelliset pinnat silloin poiketa annetusta geometrisesta muodosta sillä edellytyksellä, että pinta on mittatoleranssin määrittelemällä alueella. Jos muoto-poikkeamien on sisällyttävä toisiin rajoihin, muototoleranssien avulla on mahdollista asettaa tietyille ominaisuuksille erityisiä mittatoleransseista riippumattomia vaatimuksia. Geometriset toleranssit asetetaan vain silloin, kun se on tarkoituksenmukaista varmistamaan taloudellisella tavalla osien toiminta- ja vaihtokelpoisuus. Toiminnalliset vaatimukset, vaihtokelpoisuus ja todennäköiset valmistusolosuhteet ratkaisevat, miten täydellistä muodon, suunnan ja sijainnin tolerointia kussakin yksittäistapauksessa on tarkoituksen mukaista käyttää. /4/

4.2.2 Toleroitavat ominaisuudet

Geometrisin toleranssein on mahdollista antaa elementille (kts. kappale 4.2.3) varsinaisesta mittatoleransseista riippumattomia vaatimuksia. Geometriset toleranssit ovat jaoteltavissa seuraaviin ryhmiin:

- Muototoleranssit; näihin kuuluvat seuraavat toleroitavat ominaisuudet
 - o Suoruus
 - o Tasomaisuus
 - o Ympyrämäisyys
 - o Lieriömäisyys
 - o Tasoviivan muoto
 - o Pinnan muoto
- Suuntatoleranssit; näihin kuuluvat seuraavat toleroitavat ominaisuudet:
 - o Yhdensuuntaisuus
 - o Kohtisuoruus
 - o Kulma-asento
- Sijaintitoleranssit; näihin kuuluvat seuraavat toleroitavat ominaisuudet:
 - o Samankeskisyys ja sama-akselisuus
 - o Symmetrisyys
 - o Paikan sijainti
- Heittotoleranssit; voivat tarkoittaa joko muoto- tai sijaintitoleransseja taikka molempia yhdessä, ja ne käsittävät seuraavien ominaisuuksien toleransseja:
 - o Kaartioheitto
 - o Säteisheitto
 - o Aksiaaliheitto
 - o Kokonaisheitto

/4/

Tässä työssä geometriset toleranssit olivat mittaamisen pääkohdat, koska niiden tarkkuus oli tärkeintä vanteiden toiminnallisuuden kannalta. Työssä esiintyvät geometriset toleranssit olivat säteis- ja aksiaaliheitto, sama-akselisuus, tasomaisuus ja paikan sijainti. Tärkeimmät näistä oli vanteiden toiminnallisuuden kannalta säteis- ja aksiaaliheitto, koska nämä määrittävät kuinka sulavasti vanne pyörii täyden kierroksen pyörimisakselinsa ympäri.

Säteisheitto tässä tapauksessa tarkoittaa sitä kuinka paljon vanteen ulkoreuna heittää suhteessa vanteen keskiöreiän kanssa. Aksiaaliheitto taas tarkoittaa sitä kuinka paljon vanteen ulkoreuna on heittää aksiaalisessa suunnassa vanteen keskilevyn suhteen.

Sama-akselisuus oli pulttireikien ja keskiöreiän välinen geometrinen toleranssi, eli pulttireikien keskipisteiden akselin heitto suhteessa keskiöreiän akseliin sai olla vain tietyn kokoinen, että vanteet olisivat helppo asentaa paikoilleen.

Asennettavuuden helpottamiseksi oli asetettu myös tasomaisuus toleranssi vanteen pintaan, joka on kiinnityskohta puimuriin. Jotta vanne saataisiin sopimaan puimuriin, tulisi kiinnityspinnan olla tarpeeksi tasainen. Se kuinka tasainen pinnan tulee olla, asetetaan tasomaisuus toleranssilla.

Pulttireikien paikoille oli myös asetettu geometrinen toleranssi, jolla määriteltiin pulttireikien paikkojen isoin mahdollinen heitto. Toleranssi on asetettu siitä syystä, että puimurissa pulttireikien paikat on tietyissä paikoissa, niin vanteen reikien täytyisi olla melkein samoissa paikoissa, jotta kiinnitys onnistuisi.

4.2.3 Peruskäsitteitä ja määritelmiä /4/

Geometristen toleranssien yhteydessä käytetään eräitä termejä, joiden ymmärtäminen on välttämätöntä toleranssien käsittelyssä, minkä takia ne määritellään seuraavassa:

Elementiksi nimitetään seuraavassa kutakin erillistä pistettä, viivaa, pintaa tai keskitasoa. Toleroitu elementti on piste, viiva tai pinta, jonka muoto, suunta, sijainti tai ulottuvuus halutaan määrittää.

Geometrisilla toleransseilla rajataan geometristen viivojen tai pintojen avulla alue tai tila, jonka sisäpuolella toleroitavan elementin pitää kokonaisuudessa ollaan.

Riippuen toleroitavasta ominaisuudesta ja toleranssin ilmoittamistavasta toleranssi-alue voi olla seuraava:

- ympyräalue
- kahden samankeskisen ympyrän väliin jäävä alue
- kahden vakioetäisyydellä toisistaan olevan viivan tai kahden yhdensuuntaisen suoran välinen alue

- pallon rajoittama tila
- lieriön rajoittama tila
- kahden samankeskisen lieriön välinen tila
- kahden vakioetäisyydellä toisistaan olevan pinnan tai kahden yhdensuuntaisen tason välinen tila
- suuntaissärmiön rajoittama tila

4.2.4 Peruselementit /4/

Peruselementti: Teoreettisesti oikean muotoinen geometrinen peruslähtökohta (kuten akselit, tasot, suorat, viivat jne.), johon toleroituja elementtejä verrataan.

Peruselementtijärjestelmä: Kahden tai useamman erillisen peruselementin muodostama kokonaisuus, jota käytetään toleroidun elementin peruselementtinä.

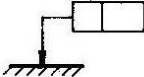
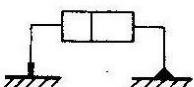
Todellinen peruselementti: Kappaleen todellinen elementti (kuten särmä, pinta tai reikä jne.), jonka avulla peruselementin sijainti on määrätty.

Apuperuselementti: Riittävän täsmällisen muotoinen todellinen pinta (kuten mittaus-tasot, laakeripinnat, tuurnat), joka koskettaa todellista peruselementtiä ja jota käytetään peruselementin asemasta.



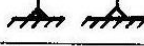
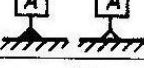
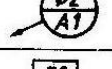



4.2.5 Geometristen toleranssien esittäminen

4.2.5.1 Tunnukset /4/

Taulukko 2. Toleroitujen ominaisuuksien tunnukset.

Elementit ja toleranssit		Toleroitu ominaisuus	Tunnus
Riippumattomille elementeille 	Muototoleranssit	Suoruus	—
		Tasomaisuus	▭
		Ympyräisyys	○
		Lieriöisyys	⌢
		Tasoviivan muoto	⌒
Riippumattomille tai riippuvaisille elementeille ²⁾		Pinnan muoto	⌒
Riippuvaisille elementeille 	Suuntatoleranssit	Yhdensuuntaisuus	//
		Kohtisuoruus	⊥
		Kulma-asento	∠
	Sijaintitoleranssit	Paikka	⊕
		Samankeskisyys ja sama-akselisuus	◎
		Symmetrisyys	≡
	Heittotoleranssit	Heitto	↗
		Kokonaisheitto	↗↗

Taulukko 3. Lisätunnukset (aputunnukset).

Käsite		Tunnus
Toleroidun elementin esittäminen	suoraan	
	kirjaimella	
Peruselementin esittäminen	suoraan	
	kirjaimella	
Rajoitettu peruselementti		
Teoreettisesti oikea mitta		
Siirretty toleranssialue		
Menorajan periaate		

4.2.5.2 Toleranssin suuruus ja muoto /4/

Toleranssin suuruus, joka on merkittynä esim. piirustukseen, tarkoittaa kokonaistoleranssia. Toleranssin mittayksikkönä on piirustuksen pituusmittojen yksikkö. Siinä tapauksessa, että toleranssialue on ympyrä tai lieriö, on merkitty tunnus Ø aina toleranssiarvojen eteen.

4.2.5.3 Toleranssikehys ja sen merkintä /4/



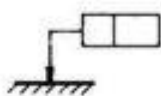
Kuva 5. Esimerkki toleranssikehyksistä.

Toleranssikehykseen tulevat tiedot merkitään vasemmalta alkaen seuraavassa järjestyksessä:

- 1) Toleroidun ominaisuuden tunnus. Tässä tapauksessa yhdensuuntaisuus.
- 2) Toleranssin suuruus samassa yksikössä kuin muut piirustusmitat. Jos toleranssi alue on ympyrä, merkitään tunnus Ø ennen toleranssin lukuarvoa. Tässä tapauksessa 0,06 heitto on sallittu yhdensuuntaisuudessa.
- 3) Tarvittaessa kirjain tai kirjaimet, jotka ilmoittavat peruselementin tai peruselementit. Tässä tapauksessa peruselementti on B.

4.2.5.4 Toleranssikehyksen liittäminen elementtiin

Toleranssikehys liitetään toleroituun elementtiin viiteviivalla kuvan 6. osoittamalla tavalla. Viiteviiva päätetään toleroituun elementtiin nuolenkärjellä.



Kuva 6. Toleranssikehys liitettynä elementtiin.

4.2.5.5 Toleranssikehyksen liittäminen peruselementtiin /4/

Toleranssikehys, jossa viitataan peruselementtiin johon sitä verrataan, niin liittäminen tapahtuu, kuten edellisessä kappaleessa. Toleranssikehys liitetään viiteviivalla ja nuolenkärjellä toleroituun elementtiin ja sen lisäksi myös vertailu- eli peruselementtiin (kuvat 7 ja 8). Liittäminen voi olla joko:

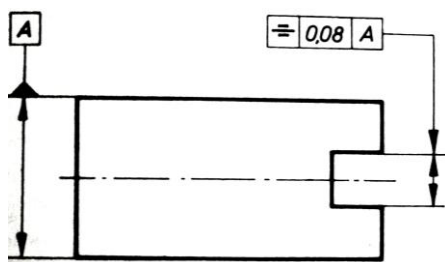
- suoraa tai
- epäsuoraa.

Työhön liittyvissä piirustuksissa käytetään vain epäsuoraa liittämistä, joten keskityn vain epäsuoran liittämisen käsittelyyn.

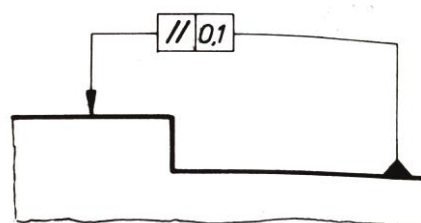
Epäsuora liittäminen

Jos toleranssikehystä ei ole voitu yhdistää selvällä ja yksinkertaisella tavalla, käytetään isoa viitekirjainta esittämään peruselementtiä. Jokaiselle peruselementille on valittu eri iso kirjain. Tämä viitekirjain on merkitty neliöön, ja neliö yhdistetty viiteviivalla vastaavaan elementtiin. Viiteviivan peruselementtiä vastaan olevaan päähän on merkitty peruselementillä oleva kolmio (kuvat 7 ja 8).

Viitekirjain on merkittynä myös toleranssikehykseen (kuvat 7 ja 8).



Kuva 7. Epäsuora liittäminen.



Kuva 8. Suora liittäminen.

4.2.5.6 Toleranssin rajoittaminen /4/

Toleranssin rajoituksessa tarkoitetaan, kun toleranssia on tarkoitus noudattaa rajoitetulla alueella. Tällöin toleranssivaatimus koskee vain määrättyä pituutta, pinnan osaa ja niin edelleen. Rajoitettu pituus ilmoitetaan toleranssin suuruutta ilmoittavan luvun jälkeen vinoviivalla erotettuna.

Työhön liittyvissä piirustuksissa oli rajoitettu alue ympyrän muotoinen, joten mitanteen on merkitty tunnus Ø.

5 MITATTAVAT KAPPALEET

5.1 Yleistä

Mitattavat kappaleet ovat Sampo-Rosenlew Oy:n valmistamiin puimureihin tulevat vanteet (Kuvat 9 ja 10). Nykyiset Sampo-Rosenlew Oy:n käyttämät vanteet valmistetaan Suomessa (levypyörä), Tanskassa ja Italiassa (GKN Wheels Carpenedolo). Uusi ehdokas vannetoimittajaksi on Ukrainasta (Kremenchug Wheel).

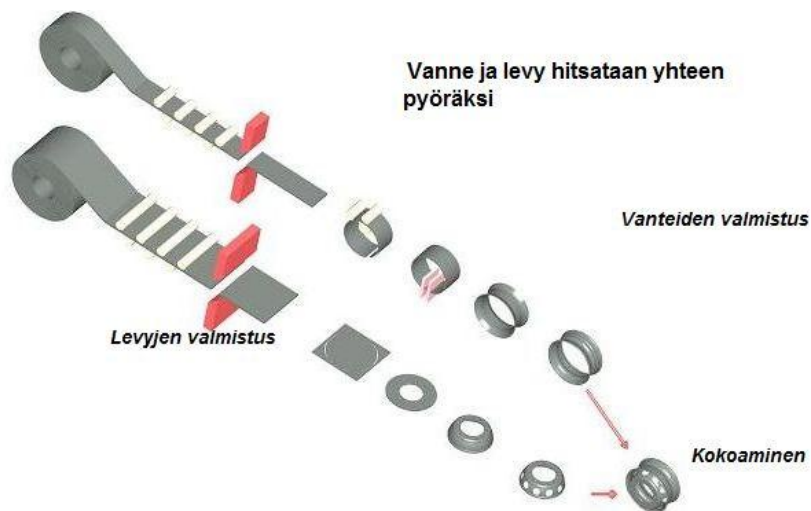


Kuva 9. Ukrainalais-valmisteinen vanne.



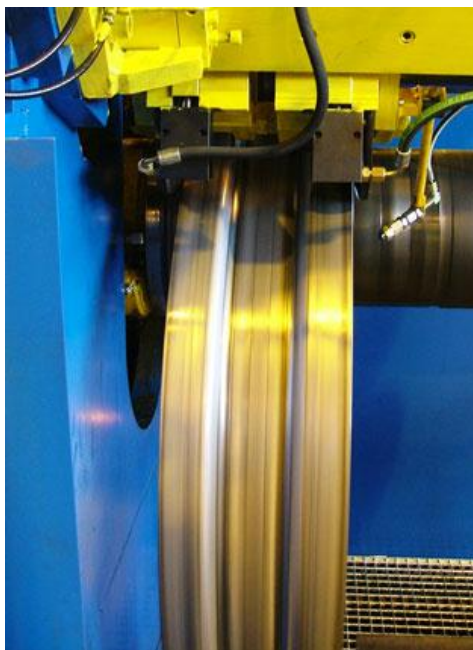
Kuva 10. Tanskalais- ja ukrainalais-valmisteiset vanteet.

5.2 Valmistus



Kuva 11. Vanteen valmistus.

Kehäprofiilit valmistetaan useampivaiheisena rullamuovauslinjassa (kuva 12). Rullamuovauksessa rullatyökalujen avulla muovataan kelalla olevasta metallinauhasta profiilia. Profiili voi olla avoin tai tietyissä rajoissa suljettu. Yleensä rullamuovauslinjassa on sarja (esimerkiksi 6 kpl) peräkkäisiä rullapareja tai rullaryhmiä, joilla nauha sen edetessä linjassa vähitellen muovataan lopulliseen muotoonsa. Lopussa profiili hitsataan vielä umpinaiseksi. /13,15/



Kuva 12. Rullamuovauslinja.

Keskiövalmistuksessa käytetään kylmämuovaustekniikkaa. Kylmämuovauksella eli ohutlevyn muovauksella ymmärretään erilaisia prosesseja, joissa levykappaleelle annetaan kolmiulotteinen muoto. Keskiömuoto ja vakioirei'itykset tehdään epäkeskopuristimilla. /13,14/

Kun molemmat osat vanteesta on saatu valmiiksi, ne hitsataan yhteen. Vanteita hitsataan manuaalisesti, automaattilla ja roboteilla. /13/



Kuva 13. Vanteen hitsausta.

6 MITTAAMISEN SUORITTAMINEN

6.1 Yleistä koordinaatiomittauksesta

Mittaamisessa käytin kouluni, Satakunnan ammattikorkeakoulun, omistamaa koordinaattimittalaitetta. Aluksi haluan kertoa hieman yleisesti koordinaattimittauksesta, jonka jälkeen tutustutaan paremmin käyttämäni FARO Arm Portable Coordinate Measuring machine (CMM) mittalaitteeseen ja sen omaan FARO CAM2 Measures mittausohjelmaan.

Koordinaattimittaus tarkoittaa koordinaattien määrittämistä avaruudessa, joskus tasossa. Koordinaattimittalaitteella määritetään anturia liikuttamalla kohteesta pisteiden koordinaatit tasossa tai avaruudessa. Mittalaitteet ovat käsikäyttöisiä, motorisoituja tai numeerisesti ohjattuja. /3/

Työssä käytetään vain käsikäyttöistä koordinaattimittalaitetta.

Kappalegeometria muodostetaan yksittäisistä mitatuista pisteistä. Koskettavalla kärjellä mitattaessa pisteet ovat aina kappaleen geometrioiden pinnalta. /3/

6.2 Mittalaite

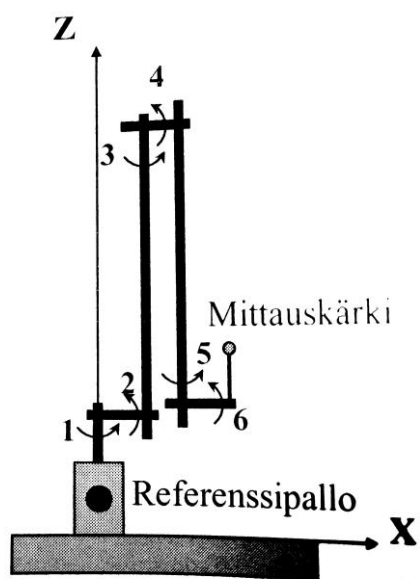
6.2.1 FARO Arm Portable Coordinate Measuring machine (CMM)



Kuva 14. FARO Arm-koordinaatiomittalaite.

FARO Arm - koordinaatiomittalaite on kiinteään alustaan kiinnitettävä käsinohjattava ”käsivarsi” (kuva 14). Mittalaitteessa on kuusi vapausastetta (kuva 15), eli kiertyvää niveltä. Nivelet kiertyvät vapaasti, kun mittausanturia liikutetaan käsin. Samalla

kunkin nivelen kulma-asento välitetään automaattisesti yhdessä anturin antaman signaalin kanssa ohjelmistolle, joka laskee mittapään paikan XYZ-koordinaateiksi. /3/



Kuva 15. Mittalaitteen kuusi vapausastetta.

Mittapäänä toimii halkaisijaltaan 3 mm oleva pallo (Kuva 16), mittapäitä on myös muunlaisia kokoja tarjolla. Mittapää on mekaaninen.



Kuva 16. 3 mm mittapää.

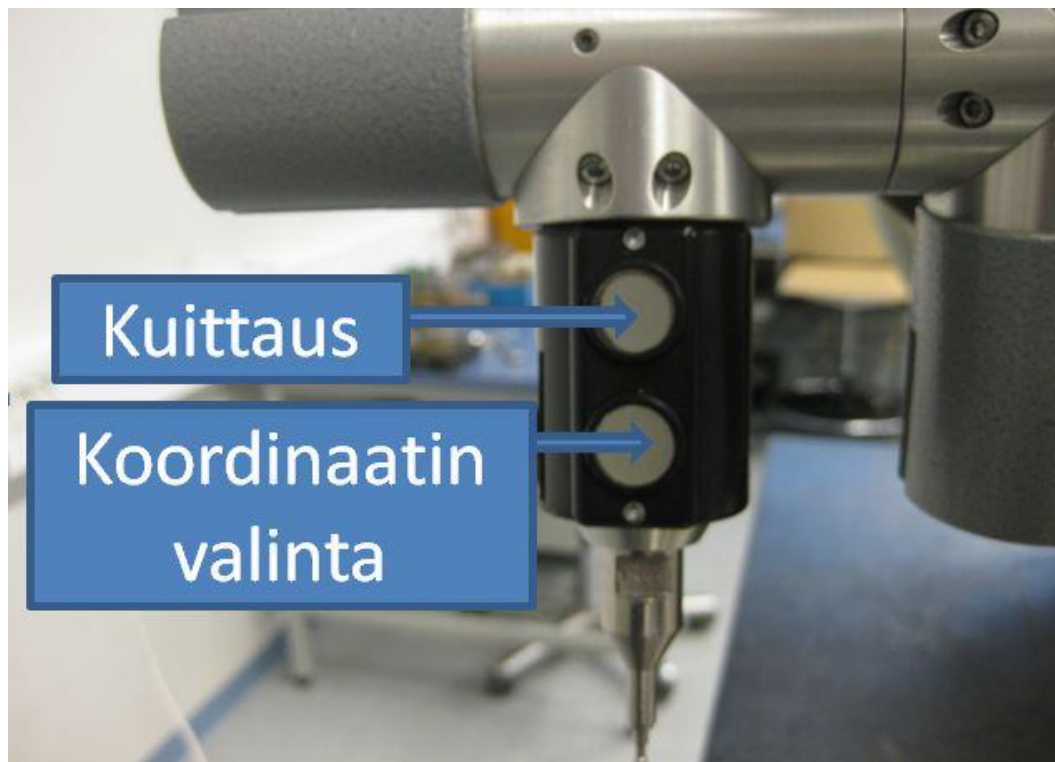
Mittalaitteeseen kuuluu osana mittaamista tietokone, jolla ohjataan mittaamista. Tietokoneessa pitää olla FARO:n oma mittausohjelma, jotta mittaaminen onnistuisi.

Mittaaminen aloitetaan siten, että mittausohjelmasta valitaan haluttu mittaamistapa, joita on esim. ympyrän mittaaminen, pisteen mittaaminen ja tason mittaaminen.



Kuva 17. Pulttireiän halkaisijan mittaaminen.

Itse mittaaminen tapahtuu seuraavalla tavalla, mittapäätä liikutetaan käsin haluttuun paikkaan (Kuva 17) ja painetaan näppäintä mittalaitteen kyljestä (kuva 18), jolloin tietokone tallentaa mittapään pallon keskipisteen koordinaatit. Jotta tulokset tulisivat näkyviin tietokoneelle, täytyy vielä kuitata mittaus painamalla mittalaitteen kyljessä olevasta toisesta näppäimestä (kuva 18). Kuittaaminen tapahtuu aina mittaukselle ominaisella tavalla. Tavat joilla kuitata, löytyvät mittausohjelman omasta oppaasta. Kuittauksen tärkeys tulee esille siinä, että mistä suunnasta mittausohjelma kompensoi mittapään koon, esim. jos mitataan ympyrää, täytyy kuitata ympyrän sisällä jotta kompensointi tapahtuu oikeinpäin.



Kuva 18. Alemmalla näppäimellä mittapisteen valinta, ylemmällä näppäimellä mitaus kuitataan.

Mittalaitetta varten valmistimme sen runkoon kiinnitettävän metallilevyn, jotta kyseisen mittalaitteen voi helposti siirtää paikasta toiseen ja kiinnittää se magneetin kanssa.

6.2.2 Mittausohjelmat

FARO CAM2 Measures

FARO CAM2 Measures on Faro Arm -mittalaitteen oma mittausohjelmisto jolla mitauksia ohjataan ja suoritetaan.

Mittausohjelmalla kalibroidaan koneen mittauspää. Se käsittelee mitattuja pisteitä, laskee koneen liikeakselien paikka- ja anturitietojen perusteella kosketuskohdat kohteen pinnalla, korjaa mittalaitteen systemaattisia virheitä, muodostaa kosketuspisteistä geometrioita. /3/

Ohjelmassa on paljon valmiiksi asetettuja mittaustapoja, kuten ympyrän, keskipisteen ja tason mittaust. Osa mitoista, kuten reikien mittausten tulokset, sai suoraan ohjelmasta. Loput mitoituksista suoritettiin Solid Works- ohjelmalla, josta seuraavassa kappaleessa. Tiedosto tallennetaan IGES -muotoon ohjelmalla, jotta se voidaan avata Solid Works-ohjelmalla.

Solid Works

Solid Works on 3D -CAD -suunnitteluohjelma, jonka käyttö on itselleni luontevampaa kuin FARO cam2:n käyttö. Osa mitoituksista oli vaikeaa suorittaa FARO cam2:lla, osaksi puutteellisten tietojen FARO cam2:n käytöstä, kuin myös ohjelman vaikeasti toteutetusta mitaamisesta. Joten oli helpompaa käyttää jo hallitsemaani Solid Works-ohjelmaa.

Solid Works-ohjelman etuna mitaamisessa oli sen kyky muokata FARO:lta saamia mittaustuloksia ja tehdä niihin mitaamista helpottavia apuviivoja, joiden avulla tarkkuus mittaustuloksissa pysyi hyvänä.

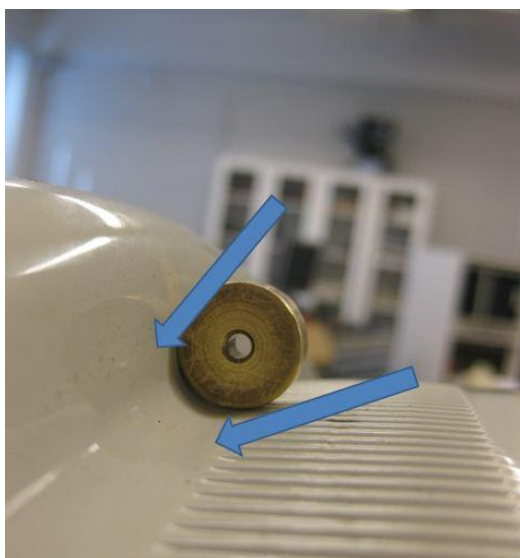
6.3 Mittaaminen

Koska kappaleen muodoilla ei ole pääosin mitään tekemistä kappaleen toimivuuden tai asennettavuuden kanssa, en alkanut mitaamaan kappaleesta tuhansittain pisteitä, että saisin kopioitua vanteen muodon. Tämä olisi tullut ehkä kysymykseen jos minulla olisi ollut 3D-kuvat vanteista johon olisin voinut verrat pisteavaruutta. Joten mitasin vain tarkasti valituista pinnoilta pisteitä vähintään viidestä eri paikasta per mitattava suure.



Kuva 19. Mittaaja työnteossa.

Kun olin saanut pisteitä tarpeeksi ja oikeisiin paikkoihin, niin vertasin näitä pisteitä luotettavaan tasoon tai elementtiin, jotta tulokset olisivat tarpeeksi lähellä oikeita. Se oli haastavaa koska mitattavat kappaleet olivat joka suunnasta vähän pyöreätä tai kaltevia, jonka takia suoraa ja tasaista pintaa oli vaikea löytää. Pisteet mittasin joka paikasta kolme kertaa. Mittaukset oli hyvä suorittaa useammin kuin yhden kerran, että satunnaiset virheet saatiin eliminoitua.



Kuva 20. ”Kiekko”, halkaisijaltaan 16mm ja reikä 3 mm. Nuolet kuvassa esittävät kiekon avulla mitattavat tasot.

Mittauksissa apuna käytin koulun laboraatio-insinöörin valmistamaa, 16 mm halkaisijaltaan olevaa ”kiekkoa” jossa oli 3 mm mittapään mentävä reikä keskellä. Sen

pystyi hyvin sijoittamaan vanteen yhteen mittaustasoon, jonka kaaren säde oli 8 mm. Kiekon avulla sai helposti mittauspisteen oikealle pinnalle (kuva 20).

Osa vanteista pystytettiin mittaamaan mittauspöydällä (kuva 21), mutta osaan vanteista kokonsa takia jouduttiin kehittämään erilaisia tukia ja kiinnikkeitä.



Kuva 21. pienimmät vanteet voitiin mitata pöydällä.

Osa vanteista oli todella leveitä, ne mahtuivat pöydälle, mutta niitä ei voitu mitata pystyasennossa mittalaitteen varren riittämättömyyden takia. Joten vanteille oli keksittävä tuenta jossa vanteet olisivat vinossa kohti mittalaitetta, jotta mittaaminen onnistuisi (kuva 22). Vanteiden suuren painon ansiosta ne pysyivät hyvin paikallaan mittauksen ajan ilman ylimääräisiä kiinnikkeitä ym.



Kuva 22. Leveät vanteet mittasin tällä tuennalla.

Kun vanteiden halkaisija alkoi lähennellä metriä, oli taas keksittävä uusi tuenta vanteille. Joten suunnittelin kaksi tukea, jonka päälle vanne olisi helppo nostaa ja vanne pysyisi paikallaan hyvin ilman ylimääräisiä tukia (kuva 23 ja kuva 24).



kuva 23. Tuet isoille vanteille.



Kuva 24. Vanne tuilla.

7 TULOKSET

Taulukko 4. Vertailu 1.

	Kremenchug 9x15.3			Vertai- lu/current supplier 9x15.3		
		Heitto			Heitto	
Aksiaaliheitto	Piirustus	Max. heitto 2,0		Piirustus	Max. heitto 2,0	
	Mittaus 1	1,29	ok	Mittaus 1	0,57	ok
	Mittaus 2	1,06	ok	Mittaus 2	0,81	ok
	Mittaus 3	1,14	ok	Mittaus 3	0,67	ok
	ka	1,16		ka	0,68	
		Heitto			Heitto	
Säteisheitto	Piirustus	max. Heitto 2,0		Piirustus	max. Heitto 2,0	
	Mittaus 1	0,69	ok	Mittaus 1	0,68	ok
	Mittaus 2	0,59	ok	Mittaus 2	0,45	ok
	Mittaus 3	0,55	ok	Mittaus 3	0,52	ok
	ka	0,61		ka	0,55	
		leveys			leveys	
Vanteen leveys	Piirustus	228,5+/- 2,5		Piirustus	228,5+/- 2,5	
	Mittauspiste 1	227,90	ok	Mittauspiste 1	227,80	ok
	Mittauspiste 2	227,83	ok	Mittauspiste 2	227,22	ok
	Mittauspiste 3	228,36	ok	Mittauspiste 3	227,67	ok
	Mittauspiste 4	227,59	ok	Mittauspiste 4	227,06	ok
	Mittauspiste 5	228,89	ok	Mittauspiste 5	227,26	ok
	ka	228,11		ka	227,40	
		Pituus			Pituus	
Keskeltä sisäreunaan	Piirustus	118,3+/- 1,5		Piirustus	112,25+ /-2	
	Mittauspiste 1	118,34	ok	Mittauspiste 1	111,96	ok
	Mittauspiste 2	118,36	ok	Mittauspiste 2	112,04	ok
	Mittauspiste 3	118,39	ok	Mittauspiste 3	111,87	ok
	Mittauspiste 4	118,29	ok	Mittauspiste 4	112,17	ok
	Mittauspiste 5	118,27	ok	Mittauspiste 5	112,25	ok
	ka	118,33		ka	111,95	
		Halkaisi- ja			Halkaisi- ja	
Keskiröreikä	Piirustus	110 +1		Piirustus	110 +0,5	
	Mittauspiste 1	110,50	ok	Mittauspiste 1	109,85	ok
	Mittauspiste 2	110,45	ok	Mittauspiste 2	109,62	ok
	Mittauspiste 3	110,48	ok	Mittauspiste 3	110,05	ok
	Mittauspiste 4	110,68	ok	Mittauspiste 4	109,85	ok
	Mittauspiste 5	110,26	ok	Mittauspiste 5	110,82	!
	ka	110,47		ka	110,04	

		Halkaisi- ja			Halkaisi- ja	
Pulttireikä	Piirustus	17,00		Piirustus	17+/-0,5	
	Pulttireikä 1	17,11		Pulttireikä 1	16,90	ok
	Pulttireikä 2	17,23		Pulttireikä 2	17,02	ok
	Pulttireikä 3	17,15		Pulttireikä 3	16,96	ok
	Pulttireikä 4	17,15		Pulttireikä 4	16,98	ok
	Pulttireikä 5	17,19		Pulttireikä 5	17,01	ok
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien paikkatul.	Piirustus	0,60		Piirustus	0,30	
	Pulttireikä 1	0,06	ok	Pulttireikä 1	0,05	ok
	Pulttireikä 2	0,35	ok	Pulttireikä 2	0,41	!
	Pulttireikä 3	0,24	ok	Pulttireikä 3	0,28	ok
	Pulttireikä 4	0,08	ok	Pulttireikä 4	0,20	ok
	Pulttireikä 5	0,26	ok	Pulttireikä 5	0,39	!
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien keskipiste keskiöreikään verr.	Piirustus	Ei ilmoi- tettu		Piirustus	0,50	
	Mittaus1	0,32		Mittaus1	0,18	ok
	Mittaus2	0,31		Mittaus2	0,18	ok
	Mittaus3	0,31		Mittaus3	0,18	ok
	ka	0,31		ka	0,18	
		Halkaisi- ja			Halkaisi- ja	
Venttiilireikä	Piirustus	15,7+/- 0,4		Piirustus	15,7+0, 4	
	Mittaus1	15,92	ok	Mittaus1	16,05	ok
	Mittaus2	15,90	ok	Mittaus2	15,95	ok
	Mittaus3	15,92	ok	Mittaus3	15,98	ok
	ka	15,91		ka	15,99	
Huomioita	Vanteessa ei huomioita- vaa alkavaa ruostetta ja maalipinta näyttää olevan muutenkin hyvässä kun- nossa. Vanteessa on merkinnät vanteen koosta, mutta valmistajaa ei ilmoiteta, merkinnät vanteessa oli- vat todella himmeällä ja ne näkyivät huonosti					

Taulukko 5. Vertailu 2.

	Kremenchug W12x20			Vertai- lu/Current supplier W11x20		
		Heitto			Heitto	
Aksiaaliheitto	Piirustus	max. Heitto 3,5		Piirustus	max. Heit- to 2,5	
	Mittaus 1	0,81	Ok	Mittaus 1	1,66	Ok
	Mittaus 2	0,67	Ok	Mittaus 2	1,66	Ok
	Mittaus 3	0,67	Ok	Mittaus 3	1,66	Ok
	ka	0,72		ka	1,66	
		Heitto			Heitto	
Säteisheitto	Piirustus	max. Heitto 3,5		Piirustus	max. Heit- to 2,5	
	Mittaus 1	1,27	Ok	Mittaus 1	1,78	Ok
	Mittaus 2	1,27	Ok	Mittaus 2	2,02	Ok
	Mittaus 3	1,34	Ok	Mittaus 3	1,89	Ok
	ka	1,29		ka	1,90	
		Tole- ranssi/ halk. 320			Tolerans- si/ halk. 260	
Tasomaisuus (Disk's maulding)	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,73	Ok	Mittaus1	0,42	Ok
	Mittaus2	0,73	Ok	Mittaus2	0,41	Ok
	Mittaus3	0,70	Ok	Mittaus3	0,42	Ok
	ka	0,72		ka	0,42	
		Tole- ranssi/ halk. 320			Tolerans- si/ halk. 260	
	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,70		Mittaus1	0,51	Ok
	Mittaus2	0,72		Mittaus2	0,52	Ok
	Mittaus3	0,72		Mittaus3	5,32	Ok
	ka	0,71		ka	2,12	
		leveys			leveys	
Vanteen leveys	Piirustus	305+/- 2,5		Piirustus	279,40	
	Mittauspiste 1	302,61	Ok	Mittauspis- te 1	279,15	
	Mittauspiste 2	302,62	Ok	Mittauspis- te 2	280,26	
	Mittauspiste 3	302,98	Ok	Mittauspis- te 3	279,28	
	Mittauspiste 4	302,54	Ok	Mittauspis- te 4	280,74	
	Mittauspiste 5	302,53	Ok	Mittauspis- te 5	279,74	
	ka	302,66		ka	279,83	

		Pituus			Pituus	
Keskeltä sisäreunaan	Piirustus	167+/- 1,5		Piirustus	159,4+/- 1,5	
	Mittauspiste 1	167,45	Ok	Mittauspiste 1	142,84	!
	Mittauspiste 2	167,55	Ok	Mittauspiste 2	143,14	!
	Mittauspiste 3	168,28	Ok	Mittauspiste 3	142,97	!
	Mittauspiste 4	168,19	Ok	Mittauspiste 4	143,05	!
	Mittauspiste 5	167,51	Ok	Mittauspiste 5	142,95	!
	ka	167,80		ka	142,98	
		Halkaisija			Halkaisija	
Keskiröreikä	Piirustus	110 +1		Piirustus	110 +1	
	Mittauspiste 1	110,50	Ok	Mittauspiste 1	111,80	!
	Mittauspiste 2	110,45	Ok	Mittauspiste 2	111,91	!
	Mittauspiste 3	110,48	Ok	Mittauspiste 3	112,05	!
	Mittauspiste 4	110,68		Mittauspiste 4	112,14	!
	Mittauspiste 5	110,26		Mittauspiste 5	112,29	!
	ka	110,47		ka	112,04	
		Halkaisija			Halkaisija	
Vanteen sisähalkaisija	Piirustus	459,30		Piirustus	Ei ilmoitettu	
	Mittauspiste 1	459,30	Ok	Mittauspiste 1		
	Mittauspiste 2	459,22	Ok	Mittauspiste 2		
	Mittauspiste 3	459,40	Ok	Mittauspiste 3		
	Mittauspiste 4	459,25		Mittauspiste 4		
	Mittauspiste 5	459,35		Mittauspiste 5		
	ka	459,30		ka		
		Halkaisija			Halkaisija	
Pulttireikä	Piirustus	17,00		Piirustus	17,00	
	Pulttireikä 1	17,16		Pulttireikä 1	18,52	!
	Pulttireikä 2	17,18		Pulttireikä 2	18,54	!
	Pulttireikä 3	17,17		Pulttireikä 3	18,59	!
	Pulttireikä 4	17,15		Pulttireikä 4	18,54	!
	Pulttireikä 5	17,17		Pulttireikä 5	18,57	!
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien paikkatol.	Piirustus	0,30		Piirustus	0,30	

	Pulttireikä 1	0,12	Ok	Pulttireikä 1	0,18	Ok
	Pulttireikä 2	0,03	Ok	Pulttireikä 2	0,29	Ok
	Pulttireikä 3	0,13	Ok	Pulttireikä 3	0,01	Ok
	Pulttireikä 4	0,14	Ok	Pulttireikä 4	0,18	Ok
	Pulttireikä 5	0,04	Ok	Pulttireikä 5	0,44	
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien keskipiste keskiöreikään verr.	Piirustus	Ei ilmoitettu		Piirustus	0,80	
	Mittattu	0,25		Mittattu	0,62	Ok
		Halkaisija			Halkaisija	
Venttiilireikä	Piirustus	15,7+/- 0,4		Piirustus	15,7	
	Mittaus1	15,96	Ok	Mittaus1	15,54	Ok
	Mittaus2	16,04	Ok	Mittaus2	15,56	Ok
	Mittaus3	16,05	Ok	Mittaus3	15,59	Ok
	ka	16,02		ka	15,56	
Huomioita	Vanteessa ei huomioitavaa alkavaa ruostetta. Maalipinta rikki muutamasta paikasta.					

Taulukko 6. Vertailu 3.

Kremenchug DW25Ax26			Levypyörä DW25Lx26			
		Heitto			Heitto	
Aksiaaliheitto	Piirustus	max. Heitto		Piirustus	max. Heit- to 5	
	Mittaus 1	0,68	ok	Mittaus 1	1,31	ok
	Mittaus 2	0,73	ok	Mittaus 2	1,03	ok
	Mittaus 3	0,76	ok	Mittaus 3	1,46	ok
	ka	0,72		ka	1,27	
		Heitto			Heitto	
Säteisheitto	Piirustus	max. Heitto 3,5		Piirustus	max. Heit- to 5	
	Mittaus 1	1,09	ok	Mittaus 1	1,64	ok
	Mittaus 2	1,08	ok	Mittaus 2	1,66	ok
	Mittaus 3	1,11	ok	Mittaus 3	1,64	ok
	ka	1,09		ka	1,65	
		Tole- ranssi/ halk. 350			Toleranssi/ halk. 325	
Tasomaisuus (Disk's maulding)	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,42	ok	Mittaus1	0,14	ok
	Mittaus2	0,35	ok	Mittaus2	0,14	ok
	Mittaus3	0,37	ok	Mittaus3	0,14	ok
	ka	0,38		ka	0,14	
		Tole- ranssi/ halk. 350			Toleranssi/ halk. 325	
	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,23	ok	Mittaus1	0,17	ok
	Mittaus2	0,25	ok	Mittaus2	0,17	ok
	Mittaus3	0,24	ok	Mittaus3	0,17	ok
	ka	0,24		ka	0,17	
		leveys			leveys	
Vanteen leveys	Piirustus	635+/- 6,4		Piirustus	635,00	
	Mittauspiste 1	636,29	ok	Mittauspis- te 1	637,42	
	Mittauspiste 2	635,93	ok	Mittauspis- te 2	637,87	
	Mittauspiste 3	636,00	ok	Mittauspis- te 3	637,92	
	Mittauspiste 4	636,30	ok	Mittauspis- te 4	637,58	
	Mittauspiste 5	635,92	ok	Mittauspis- te 5	637,66	
	ka	636,09		ka	637,69	
		Pituus			Pituus	
Keskeltä sisäreu- naan	Piirustus	259,5+/- 2		Piirustus	259,5 +/- 1,5	

	Mittauspiste 1	259,57	ok	Mittauspiste 1	258,45	ok
	Mittauspiste 2	260,26	ok	Mittauspiste 2	258,55	ok
	Mittauspiste 3	259,66	ok	Mittauspiste 3	258,35	ok
	Mittauspiste 4	260,10	ok	Mittauspiste 4	258,23	ok
	Mittauspiste 5	259,80	ok	Mittauspiste 5	257,81	!
	Mittauspiste 6	259,47	ok	Mittauspiste 6	257,71	!
	Mittauspiste 7	258,95	ok	Mittauspiste 7	257,64	!
	Mittauspiste 8	258,99	ok	Mittauspiste 8	257,60	!
	ka	259,60		ka	258,04	
		Halkaisija			Halkaisija	
Keskiröreikä	Piirustus	221+1		Piirustus	221 +0,5	
	Mittauspiste 1	221,44	ok	Mittauspiste 1	222,96	!
	Mittauspiste 2	221,44	ok	Mittauspiste 2	222,81	!
	Mittauspiste 3	221,49	ok	Mittauspiste 3	222,68	!
	Mittauspiste 4	221,34	ok	Mittauspiste 4	222,77	!
	Mittauspiste 5	221,39	ok	Mittauspiste 5	222,50	!
	ka	221,42		ka	222,74	
		Halkaisija			Halkaisija	
Pulttireikä	Piirustus	24 +1		Piirustus	24 +1	
	Pulttireikä 1	24,46	ok	Pulttireikä 1	24,12	ok
	Pulttireikä 2	24,46	ok	Pulttireikä 2	24,03	ok
	Pulttireikä 3	24,55	ok	Pulttireikä 3	24,13	ok
	Pulttireikä 4	24,47	ok	Pulttireikä 4	24,16	ok
	Pulttireikä 5	24,45	ok	Pulttireikä 5	24,22	ok
	Pulttireikä 6	24,47	ok	Pulttireikä 6	24,09	ok
	Pulttireikä 7	24,45	ok	Pulttireikä 7	24,04	ok
	Pulttireikä 8	24,47	ok	Pulttireikä 8	24,02	ok
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien paik- katol.	Piirustus	0,30		Piirustus	0,30	
	Pulttireikä 1	0,04	ok	Pulttireikä 1	0,65	ok
	Pulttireikä 2	0,03	ok	Pulttireikä 2	0,23	!
	Pulttireikä 3	0,46	!	Pulttireikä 3	0,18	!
	Pulttireikä 4	0,36	!	Pulttireikä 4	0,35	ok
	Pulttireikä 5	0,69	!	Pulttireikä 5	0,16	!
	Pulttireikä 6	0,23	ok	Pulttireikä 6	0,04	!
	Pulttireikä 7	0,32	!	Pulttireikä 7	0,68	!
	Pulttireikä 8	0,21	ok	Pulttireikä 8	0,48	!
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien keski- piste keskiöreikään	Piirustus	Ei ilmoitettu		Piirustus	0,80	

Taulukko 7. Vertailu 4.

	Kremenchug DW15Lx34			Levypyörä DW16Lx34		
		Heitto			Heitto	
Aksiaaliheitto	Piirustus	Max. heitto 5		Piirustus	Max. heit- to 5	
	Mittaus 1	4,16	ok	Mittaus 1	1,07	ok
	Mittaus 2	4,09	ok	Mittaus 2	0,87	ok
	Mittaus 3	4,65	ok	Mittaus 3	0,78	ok
	ka	4,30		ka	0,91	
		Heitto			Heitto	
Säteisheitto	Piirustus	Max. heitto 5		Piirustus	Max. heit- to 5	
	Mittaus 1	3,15	ok	Mittaus 1	1,29	ok
	Mittaus 2	3,59	ok	Mittaus 2	1,28	ok
	Mittaus 3	3,11	ok	Mittaus 3	1,29	ok
	ka	3,28		ka	1,29	
		Tole- ranssi/ halk. 390			Tolerans- si/ halk. 390	
Tasomaisuus (Disk's maulding)	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,72	ok	Mittaus1	1,95	!
	Mittaus2	0,66	ok	Mittaus2	2,32	!
	Mittaus3	0,70	ok	Mittaus3	1,99	!
	ka	0,69		ka	2,09	
		Tole- ranssi/ halk. 390			Tolerans- si/ halk. 390	
	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,59	ok	Mittaus1	1,57	!
	Mittaus2	0,67	ok	Mittaus2	1,46	!
	Mittaus3	0,62	ok	Mittaus3	1,39	!
	ka	0,63		ka	1,47	
		leveys			leveys	
Vanteen leveys	Piirustus	381 +/-5		Piirustus		
	Mittauspiste 1	381,50	ok	Mittauspis- te 1	411,28	
	Mittauspiste 2	380,95	ok	Mittauspis- te 2	410,11	
	Mittauspiste 3	381,46	ok	Mittauspis- te 3	410,37	
	Mittauspiste 4	381,80	ok	Mittauspis- te 4	410,27	
	Mittauspiste 5	379,15	ok	Mittauspis- te 5	411,09	
	ka	380,97		ka	410,62	
		Pituus			Pituus	
Keskeltä sisäreu- naan	Piirustus	147,5 +/- 2		Piirustus		
	Mittauspiste 1	145,58	ok	Mittauspis- te 1	161,03	
	Mittauspiste 2	146,34	ok	Mittauspis- te 2	160,77	

	Mittauspiste 3	145,52	ok	Mittauspiste 3	160,06	
	Mittauspiste 4	146,88	ok	Mittauspiste 4	160,42	
	Mittauspiste 5	146,10	ok	Mittauspiste 5	160,98	
	Mittauspiste 6	147,40	ok	Mittauspiste 6	160,94	
	Mittauspiste 7	146,47	ok	Mittauspiste 7	160,52	
	Mittauspiste 8	146,80	ok	Mittauspiste 8	160,25	
	ka	146,38		ka	160,62	
		Halkaisija			Halkaisija	
Keskiröreikä	Piirustus	221+1		Piirustus	221 +0,5	
	Mittauspiste 1	221,17	ok	Mittauspiste 1	222,80	!
	Mittauspiste 2	221,22	ok	Mittauspiste 2	222,32	!
	Mittauspiste 3	221,12	ok	Mittauspiste 3	222,58	!
	Mittauspiste 4	221,11	ok	Mittauspiste 4	222,80	!
	Mittauspiste 5	221,15	ok	Mittauspiste 5	222,86	!
	ka	221,15		ka	222,67	
		Halkaisija			Halkaisija	
Pulttireikä	Piirustus	24 +1		Piirustus	24 +1	
	Pulttireikä 1	24,95	ok	Pulttireikä 1	24,38	ok
	Pulttireikä 2	24,86	ok	Pulttireikä 2	24,43	ok
	Pulttireikä 3	25,00	ok	Pulttireikä 3	24,49	ok
	Pulttireikä 4	24,88	ok	Pulttireikä 4	24,39	ok
	Pulttireikä 5	24,87	ok	Pulttireikä 5	24,38	ok
	Pulttireikä 6	24,82	ok	Pulttireikä 6	24,18	ok
	Pulttireikä 7	24,99	ok	Pulttireikä 7	24,31	ok
	Pulttireikä 8	24,79	ok	Pulttireikä 8	24,40	ok
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien paikkatol.	Piirustus	Halk. 0,3		Piirustus	Halk. 0,3	
	Pulttireikä 1	0,12	ok	Pulttireikä 1	0,17	ok
	Pulttireikä 2	0,14	ok	Pulttireikä 2	0,03	ok
	Pulttireikä 3	0,09	ok	Pulttireikä 3	0,19	ok
	Pulttireikä 4	0,07	ok	Pulttireikä 4	0,23	ok
	Pulttireikä 5	0,08	ok	Pulttireikä 5	0,16	ok
	Pulttireikä 6	0,07	ok	Pulttireikä	0,11	ok

				6		
	Pulttireikä 7	0,06	ok	Pulttireikä 7	0,05	ok
	Pulttireikä 8	0,06	ok	Pulttireikä 8	0,14	ok
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien keskipiste keskiöreikään verr.	Piirustus	Ei ilmoitettu		Piirustus	Halk. 0,8	
	Mittaus 1	0,08		Mittaus 1	0,11	ok
	Mittaus 2	0,10		Mittaus 2	0,17	ok
	Mittaus 3	0,15		Mittaus 3	0,16	ok
	ka	0,11		ka	0,15	
		Halkaisija			Halkaisija	
Venttiilireikä	Piirustus	15,7 +0,4		Piirustus	15,7	
	Mittaus1	16,00	ok	Mittaus1	15,92	ok
	Mittaus2	15,89	ok	Mittaus2	15,72	ok
	Mittaus3	15,88	ok	Mittaus3	15,71	ok
	ka	15,92		ka	15,78	
Huomioita	Vanteessa ei huomioitavaa alkavaa ruostetta. Maalipinta rikki muutamasta paikasta. Vanteesta ei löydy piirustus-numeroa, valmistajan tietoja eikä kokoa.					

Taulukko 8. Vertailu 5.

	Kremenchug DW18Lx38			Levypyörä DW18Lx38		
		Heitto			Heitto	
Aksiaaliheitto	Piirustus	Max. heitto 4		Piirustus	Max. heitto 4	
	Mittaus 1	1,16	ok	Mittaus 1	1,65	ok
	Mittaus 2	1,22	ok	Mittaus 2	1,76	ok
	Mittaus 3	1,15	ok	Mittaus 3	1,74	ok
	ka	1,18		ka	1,71	
		Heitto			Heitto	
Säteisheitto	Piirustus	Max. heitto 4		Piirustus	Max. heitto 4	
	Mittaus 1	2,52	ok	Mittaus 1	1,29	ok
	Mittaus 2	2,43	ok	Mittaus 2	1,28	ok
	Mittaus 3	2,48	ok	Mittaus 3	1,29	ok
	ka	2,48		ka	1,29	
		Toleranssi/ halk. 330			Toleranssi/ halk. 325	
Tasomaisuus (Disk's maulding)	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	0,25	ok	Mittaus1	0,36	ok
	Mittaus2	0,31	ok	Mittaus2	0,39	ok
	Mittaus3	0,28	ok	Mittaus3	0,39	ok
	ka	0,28		ka	0,38	
		Toleranssi/ halk. 330			Toleranssi/ halk. 325	
	Piirustus	0,75		Piirustus	0,75	
	Mittaus1	1,79	!	Mittaus1	0,35	ok
	Mittaus2	1,70	!	Mittaus2	0,40	ok
	Mittaus3	1,73	!	Mittaus3	0,17	ok
	ka	1,74		ka	0,31	
		leveys			leveys	
Vanteen leveys	Piirustus	457,2 +/- 4,7		Piirustus	457,20	
	Mittauspiste 1	460,28	ok	Mittauspiste 1	458,33	
	Mittauspiste 2	461,39	ok	Mittauspiste 2	458,18	
	Mittauspiste 3	459,75	ok	Mittauspiste 3	458,13	
	Mittauspiste 4	460,52	ok	Mittauspiste 4	458,23	
	Mittauspiste 5	460,33	ok	Mittauspiste 5	457,91	
	ka	460,45		ka	458,16	
		Pituus			Pituus	
Keskeltä sisäreunaan	Piirustus	202,6 +/- 1,5		Piirustus	202,6 +/- 1,5	
	Mittauspiste 1	202,72	ok	Mittauspiste 1	201,65	ok
	Mittauspiste 2	201,98	ok	Mittauspiste	202,64	ok

				2		
	Mittauspiste 3	202,16	ok	Mittauspiste 3	202,35	ok
	Mittauspiste 4	202,79	ok	Mittauspiste 4	201,63	ok
	Mittauspiste 5	202,27	ok	Mittauspiste 5	201,82	ok
	Mittauspiste 6	202,20	ok	Mittauspiste 6	202,07	ok
	Mittauspiste 7	202,59	ok	Mittauspiste 7	201,80	ok
	Mittauspiste 8	202,76	ok	Mittauspiste 8	201,85	ok
	ka	202,43		ka	201,98	
		Halkaisija			Halkaisija	
Keskiröreikä	Piirustus	221+1		Piirustus	221 +1	
	Mittauspiste 1	221,24	ok	Mittauspiste 1	222,63	!
	Mittauspiste 2	221,09	ok	Mittauspiste 2	222,54	!
	Mittauspiste 3	221,34	ok	Mittauspiste 3	222,09	!
	Mittauspiste 4	221,30	ok	Mittauspiste 4	222,46	!
	Mittauspiste 5	221,26	ok	Mittauspiste 5	222,42	!
	ka	221,25		ka	222,43	
		Halkaisija			Halkaisija	
Pulttireikä	Piirustus	24 +1		Piirustus	24 +1	
	Pulttireikä 1	24,69	ok	Pulttireikä 1	23,94	!
	Pulttireikä 2	24,71	ok	Pulttireikä 2	24,05	ok
	Pulttireikä 3	24,96	ok	Pulttireikä 3	24,32	ok
	Pulttireikä 4	24,80	ok	Pulttireikä 4	24,38	ok
	Pulttireikä 5	24,70	ok	Pulttireikä 5	23,99	!
	Pulttireikä 6	24,81	ok	Pulttireikä 6	24,09	ok
	Pulttireikä 7	24,95	ok	Pulttireikä 7	23,75	!
	Pulttireikä 8	24,94	ok	Pulttireikä 8	24,02	ok
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien paikka- tol.	Piirustus	Halk. 0,3		Piirustus	Halk. 0,3	
	Pulttireikä 1	0,17	ok	Pulttireikä 1	0,07	ok
	Pulttireikä 2	0,24	ok	Pulttireikä 2	0,59	!
	Pulttireikä 3	0,24	ok	Pulttireikä 3	0,57	!
	Pulttireikä 4	0,22	ok	Pulttireikä 4	0,19	ok
	Pulttireikä 5	0,05	ok	Pulttireikä 5	0,77	!
	Pulttireikä 6	0,13	ok	Pulttireikä 6	0,47	!
	Pulttireikä 7	0,46	!	Pulttireikä 7	0,33	!
	Pulttireikä 8	0,35	!	Pulttireikä 8	0,51	!
		Heitto			Heitto	
Pulttireikien keski- piste keskiöreikään verr.	Piirustus	Ei ilmoi- tettu		Piirustus	Halk. 0,8	
	Mittaus 1	0,20		Mittaus 1	0,13	ok
	Mittaus 2	0,18		Mittaus 2	0,13	ok
	Mittaus 3	0,21		Mittaus 3	0,16	ok

	ka	0,20		ka	0,14	
		Halkaisija			Halkaisija	
Venttiilireikä	Piirustus	15,7 +0,4		Piirustus	15,7	
	Mittaus1	15,96	ok	Mittaus1	15,71	ok
	Mittaus2	15,85	ok	Mittaus2	15,72	ok
	Mittaus3	15,89	ok	Mittaus3	15,71	ok
	ka	15,90		ka	15,71	
Huomioita	Vanteessa ei huomioitavaa alkavaa ruostetta. Maalipinta rikki muutamasta paikasta. Ainoa suuri huomautuksen aihe oli kiinnityspinnan tasomaisuus. Vanteesta ei löydy piirustusnumeroa, valmistajan tietoja eikä ko-koa.					

8 JOHTOPÄÄTÖSET

Työn tavoitteena oli tutkia vanteiden geometrysten toleranssien heittoja ja tärkeiden mittojen pysymistä toleransseissa, sekä vertailla näitä tuloksia vastaavien vannekokojen kesken ja tietenkin vanteen omaan piirustukseen verrattuna. Mittaustuloksia saatiin viisi taulukollista ja niissä on aina vanneparien tärkeimmät mitat. Näistä on melko helppo lukea, että kuinka hyvin vanteet pärjäsivät vertailussa piirustuksiin ja vastaavasti kilpailijan tuotteeseen verrattuna.

Vertailun tarkoitus oli siis saada selville onko uuden edullisemman vannetoimittajan, Kremenchug:n vanteet tarpeeksi hyviä, että toimittajaa voitaisiin vaihtaa ja säästää vannekustannuksissa.

Mittauksissa ilmenneet virheet voivat johtua useasta eri asiasta. Kuten siitä, että valmistaja on tarkastanut vanteet omissa valmistusoloissa. Tiloissa joissa vallitsee sama lämpötila kuin valmistuksessa, niin mittaukset voivat näyttää, että vanne on mittojen ja niiden heittojen suhteen toleransseissa. Kun vanteet tulivat minulle mitattavaksi tätä työtä varten, olivat vanteet olleet jo pidemmän aikaa ulkona pakkasessa ja mittalaboraatiossa ei välttämättä ole samat olosuhteet kuin valmistajan tiloissa. Joten vanteisiin on voinut vaikuttaa monet lämpölaajenemiset ja vastaavat fysikaaliset ilmiöt, jotka ovat saaneet mitat hiukan muuttumaan. Myös valmistusprosessissa on voinut tulla mittaheittoja aiheuttavia ilmiöitä, kuten esim. vanteen aksiaaliheitto mitataan ennen keskiölevyn hitsaamista kiinni. Joten tämäkin on voinut aiheuttaa lämpölaajenemista kehäprofiilissa.

Vanteista mitattiin toiminnallisuuden kannalta tärkeimpien mittojen heitot ja tässä Kremenchug pärjasi hyvin verrattuna kilpailijoihin ja piirustuksiin. Sen vanteissa oli vain pieniä heittoja, jotka kuitenkin pysyivät toleransseissa ja pieni osa toleranssien ulkopuolella. Toleranssien ulkopuolella oli mittoja joita oli myös kilpailijalla, joten se ei voi vaikuttaa vanteiden toiminnallisuuteen mahdottomasti, koska kilpailijan vanteetkin ovat toimineet käytössä. Toistuva kaava oli myös se, että suurimmassa osassa nykyisen toimittajan vanteissa oli enemmän mittaheittoja toleranssin ulkopuolella, kuin Kremenchug:n vanteissa. Joten voisi sanoa, että Kremenchug:n vanteet

eivät ole huonompia kuin nykyisen vannetoimittajan vastaavat, ainakaan tässä vertailussa.

Voi olla, että kyseiset vanteet, jotka olivat mitattavana, olivat valmistajan parhaimmista, koska tiedettiin vanteiden tulevan testatuksi ennen kuin niitä tilattaisiin lisää. Ei tiedetä onko Kremenchug lainkaan niin hyvä vannetoimittaja, kuin mittaustulokset antavat myötä. kunnes vanteita tilataan lisää ja saadaan laajempia käyttötestituloksia useammasta samanlaisesta vanteesta.

LÄHTEET

1. Sampo-Rosenlew Oy. 2011. Viitattu 14.04.2011.
www.sampo-rosenlew.fi/fi/yritys/samporosenlew.html.
2. Sampo-Rosenlew Oy esite. Viitattu 14.04.2011.
3. Tikka, H. 2007. Koordinaattimittaus, Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.
4. Aimo, p. 2002. Koneenpiirustus korkeakouluja varten. Espoo: Kirpe Oy.
5. Andersson, P. H. & Tikka, H. 1997. Mittaus- ja laatutekniikat. Porvoo: WSOY.
6. Kilpi: mittausvirheet ja niiden käsittely, julkaisu 20-65 ”konepajojen mittaustekniikka”, Insinöörijärjestöjenkoulutuskeskus, Helsinki 1965.
7. Mittausohjelman käyttöohjekirja. 2003. FARO CAM2 Measures version 4.0.
8. Wirzenius, A. & Niemi, A. 1978. ISO-järjestelmän toleranssit ja sovitteet. Tampere: Kustannusyhtymä.
9. SFS 4910. 1983. Geometriset toleranssit. Muoto-, suunta-, sijainti- ja heittotoleranssien mittausperiaatteet ja menetelmät. Yleisohjeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
10. SFS-EN ISO 1101. 2006. Geometrinen tuotemäärittely. Geometriset toleranssit. Muoto-, suunta-, sijainti- ja heittotoleranssit. Yleisohjeet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
11. Koivunen, S. 2010. Mittaaminen robotisoidussa valmistuksessa – mittalaitteiden ohjaaminen, mittatietojen käsittely ja teräkorjaimen takaisinkytkentä työstökoneelle. Turku: Turun Ammattikorkeakoulu.
12. Ihalainen, E. 1978. Konepajan mittaukset. Espoo: Otapaino
13. Levypyörä Oy. 2011. Viitattu 28.4.2011.
www.levypyora.fi/fi/levypyorat/tuotanto.
14. Kylmämuovaus. Wikipedia. Viitattu 28.4.2011.
fi.wikipedia.org/wiki/Kylm%C3%A4muovaus.
15. Rullamuovaus. Wikipedia. Viitattu 28.4.2011.
fi.wikipedia.org/wiki/Rullamuovaus.